

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 15 JUN 2004

WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 18 149.0

Anmeldetag:

21. April 2003

Anmelder/Inhaber:

Wilhelm Schimmel Pianofortefabrik GmbH,
38122 Braunschweig/DE

Bezeichnung:

Pianoforteinstrument mit zusätzlicher Energieein-
speisung in den Resonanzboden und Verfahren
zur Beeinflussung des Klanges eines Pianofortein-
strumentes

IPC:

G 10 H, G 10 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. April 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Faust

Pianoforteinstrument mit zusätzlicher Energieeinspeisung in den Resonanzboden und Verfahren zur Beeinflussung des Klanges eines Pianoforteinstrumentes

5

Die Erfindung betrifft ein akustisches Pianoforteinstrument mit einem Spielwerk mit Tasten, mit Saiten, die über einen Mechanismus bei einer Betätigung der Tasten angeschlagen und in Schwingung versetzt werden, mit einem Resonanzboden, auf dem die Schwingungen der Saiten übertragen werden, und mit einer
10 Einrichtung zur Einspeisung zusätzlicher Schwingungsenergie in den Resonanzboden. Sie betrifft ferner ein Verfahren zur Beeinflussung des Klanges eines Pianoforteinstrumentes, mit einem Spielwerk mit Tasten, mit Saiten, die über einen Mechanismus bei einer Betätigung der Tasten angeschlagen und in Schwingung versetzt werden, mit einem Resonanzboden, auf den die Schwin-
15 gungen der Saiten übertragen werden, und mit einer Einrichtung zur Einspeisung zusätzlicher Schwingungsenergie in den Resonanzboden.

Pianoforteinstrumente sind seit Jahrhunderten bekannt. Zu ihnen zählen in erster Linie Klaviere und Flügel. Das starke Interesse der musikalisch interessierten
20 Öffentlichkeit an qualitativ hochwertigen akustischen Pianoforteinstrumenten hat seit dem Beginn der Entwicklung akustischer Pianoforteinstrumente vor rund 300 Jahren im Rahmen handwerklicher Intuition und wissenschaftlich untermauerter Entwicklungsprozesse zu ständig verbesserten Pianoforteinstrumenten geführt. Nach dem heutigen Stand der Technik lässt sich die erreichte Perfektion auf
25 akustisch-mechanischem Weg nicht mehr signifikant steigern.

Die Pianoforteinstrumente besitzen eine größere Zahl an Tasten, die durch mechanische Einwirkung Saiten zu Schwingungen anregen. Diese Saitenschwingungen werden dann wiederum auf einen Resonanzboden übertragen. Die
30 Schwingungen dieses Resonanzbodens führen dann zu dem Klang, den der Pianist beziehungsweise sein Publikum zu hören bekommt, unter Umständen durch Eigenschaften des Raums beeinträchtigt, in dem das Pianoforteinstrument steht, beispielsweise durch Nachhall oder Dämpfung.

Zusätzliche Möglichkeiten für die Klangwiedergabe von Pianoforteinstrumenten werden beispielsweise sehr erfolgreich durch die WO 90/03025 der Anmelderin vorgeschlagen. Hier wird eine zusätzliche Energieeinspeisung in die Resonanzböden akustischer Pianoforteinstrumente durch Treibersysteme eingesetzt.

- 5 Diese Systeme führen dem Resonanzboden mit Hilfe eines Systems aus Magneten und Spulen Schwingungsenergie zu.

- 10 Derartige Systeme dienen insbesondere dazu, den Resonanzboden des Klaviers oder sonstigen Pianoforteinstruments zugleich als eine Art Lautsprechermembran für die Wiedergabe von Musik und Sprache zu verwenden. Zum einen kann dadurch auch eine zeitversetzte Wiedergabe der auf dem Pianoforteinstrument gespielten Musik erfolgen, zum anderen der Pianist auch während seines Spiels mit einer künstlichen Begleitung versehen werden.

- 15 Aus der US-PS 5,262,586 ist eine weitere Anwendung extern erzeugter Schwingungsenergie beschrieben, die in den Resonanzboden akustischer Pianoforteinstrumente zugeführt wird. Als Tonquelle für die Generierung der zu den gespielten Klangbildern hinzuzuspeisenden Schwingungsenergie dienen hier die von dem Pianoforteinstrument selbst akustisch erzeugten Töne. Diese werden über
20 Klangaufnehmer am oder in der Nähe des Resonanzbodens des Instrumentes aufgezeichnet, beispielsweise akustisch oder induktiv. Sie werden dann in den Resonanzboden wiederum als zusätzliche Energie zurückgeführt. Es entsteht eine Art künstlicher Verstärkung der durch die Tasten mechanisch erzeugten Töne in einem geschlossenen System. Auf diese Weise kann eine unbefriedigende Lautstärke des Spiels beispielsweise in sehr großen Räumen ausgegli-
25 chen werden.

- Ein gewisses Problem ist der Rückkopplungseffekt, der sich bei einer zu hohen Energiezuführung herausstellen kann, da der in zusätzliche Resonanz versetzte
30 Resonanzboden natürlich auch wieder auf die Klangaufnehmer wirken kann.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, Pianoforteinstrumente vorzuschlagen, die noch weitere Möglichkeiten besitzen. Eine weitere Aufgabe besteht

darin, Verfahren zur Beeinflussung des Klanges eines Pianoforteinstrumentes mit zusätzlichen Möglichkeiten vorzuschlagen.

5 Die erste Aufgabe wird dadurch gelöst, dass Sensoren vorgesehen sind, die die Betätigung der Tasten des Spielwerks mittelbar oder unmittelbar detektieren, dass eine Einrichtung zur Klangerweiterung vorhanden ist, der die Messwerte der Sensoren zugeführt werden, dass die Einrichtung zur Klangerweiterung mit Einrichtungen ausgerüstet ist, die abhängig von den Messwerten der Sensoren Daten zusammenstellen, die einem gewünschten Klangcharakteristikum ent-
10 sprechen, und dass die Einrichtung zur Klangerweiterung über die Einrichtung zur Einspeisung zusätzliche Schwingungsenergie entsprechend den ermittelten Daten dem Resonanzboden zuführt.

15 Die zweite Aufgabe wird dadurch gelöst, dass mittels Sensoren die Betätigung der Tasten des Spielwerks mittelbar oder unmittelbar detektiert wird, dass einer Einrichtung zur Klangerweiterung die Messwerte der Sensoren zugeführt werden, dass Einrichtungen vorgesehen sind, die abhängig von den Messwerten der Sensoren Daten zusammenstellen, die einem gewünschten Klangcharakteristikum entsprechen, und dass die Einrichtung zur Klangerweiterung über die
20 Einrichtung zur Einspeisung zusätzliche Schwingungsenergie entsprechend den ermittelten Daten dem Resonanzboden zuführt.

25 Die erfindungsgemäße Ausstattung von Tasteninstrumenten mit akustischer Klangerzeugung, insbesondere von Pianoforteinstrumenten, ermöglicht die Verlängerung und/oder Verstärkung der vorhandenen Klangspektren sowohl eines jeden einzelnen Tones insgesamt als auch die Veränderung einzelner oder einer Mehrzahl ausgewählter Teiltöne aus den Klangspektren der einzelnen Töne und ermöglicht dadurch auch die Veränderung der Klangphasen einzelner Töne. Dies geht jeweils einher mit einem erweiterten Resonanzverhalten
30 der harmonisch mitschwingenden Töne / Teiltöne anderer Tonbereiche des Instrumentes und außerdem mit verstärkten und/oder verlängert andauernden Eigenschwingungen der schwingenden Klangsaiten des betreffenden Tones. Dadurch werden signifikante Veränderungen der Klangphasen einzelner Töne, ei-

- ner Vielzahl oder aller Töne und damit die Verlängerung, Verstärkung, Veränderung und/oder Erweiterung der Klangbilder und des Klangcharakters des Instrumentes ermöglicht, und zwar sogar wahlweise bei einzelnen Tönen, komplexen Tonsequenzen, in ausgewählten Tonlagen oder über den gesamten
- 5 Tonumfang des erfindungsgemäß ausgestatteten Instrumentes.

Die zusätzliche Schwingungsenergie wird quasi in Echtzeit ohne Verzögerung zugeführt.

- 10 Die Klangerweiterung wird bewirkt durch die zusätzliche Einspeisung von extern erzeugter Schwingungsenergie, welche dem Resonanzboden vorzugsweise über Resonanzbodentreiber zugeführt wird. Die zusätzliche Schwingungsenergie dient dazu, dem nach dem Stand der Technik in dem membranartig schwingenden Resonanzboden üblichen Verzehr der von den schwingenden Klang-
- 15 saiten aufgenommenen Energie in frei bestimmbar Umfang entgegenzuwirken. Die zusätzliche Schwingungsenergie kumuliert also in dem membranartig schwingenden Resonanzboden mit der von den vibrierenden Klangsaiten akustisch erzeugten Schwingungsenergie und mischt sich im Resonanzboden zu den auf diese Weise erweiterten Klangbildern (Klangspektren) der einzelnen
- 20 Töne und in der Konsequenz zu erweiterten Klangbildern.

- Anders als etwa bei der US-PS 5,262,586 wird nicht etwa der bereits erzeugte Klang am schwingenden Resonanzboden durch die Sensoren abgegriffen, sondern die "Ursache" des Klanges, nämlich die Betätigung der Klaviertaste, etwa
- 25 durch Beobachtung der Hammerkopfeinheit und ihres Verhaltens. Damit aber kann bereits zeitlich viel früher eingegriffen werden, nämlich bei der Klangbildungsphase, dem Entstehen der Schwingungen des Resonanzbodens. Systembedingt werden so unerwünschte Rückkopplungen vermieden und natürlich auch ganz andere Klangmodifikationen möglich. Erfindungsgemäß kann quasi
- 30 in "Echtzeit" gearbeitet werden.

Anders als beim Stand der Technik wird auch der einzige Ton beziehungsweise die einzelne Taste berücksichtigt, wobei jede einzelne differenziert behandelt

werden kann. In der US-PS 5,262,586 wird ja der gesamte entstandene Klang-
eindruck insgesamt undifferenziert nach der Entstehung als Grundlage für dann
erst folgende Modifikationen genommen.

- 5 Die Intensität des Aufpralls der Hammerköpfe auf die Klangsaiten bestimmt das
Maß der Energieübertragung auf die Klangsaiten und ist somit bestimmend für
das Schwingungsverhalten der Klangsaiten.

- 10 Das Maß der Energieübertragung ist in weiten Grenzen beeinflussbar durch die
Art des Anschlages der Tasten, die Abstimmung der Hebelsysteme aufeinander
(Regulierung) und die Charakteristika der Hammerköpfe (Gewicht, Größe, Form,
Material und Intonation). Das bedeutet:

- 15 Extremes Pianissimo (ppp) ist eine Folge der minimal möglichen Beschleunigung
der Hammerköpfe auf ihrem Weg zu den Klangsaiten, so dass die Hammerköpfe
bei ihrem Aufprall auf die Klangsaiten nur ein minimales Maß an Energie auf die
Klangsaiten übertragen. Diese minimal mögliche Energieübertragung führt dazu,
dass die Klangsaiten zu minimalen Schwingungen angeregt werden und somit
ein Minimum an Schwingungsenergie über die Klangstege in den Resonanzbo-
den gelangt, so dass dieser nur in minimaler Weise schwingt und somit extrem
20 leise Töne, Tonfolgen bzw. Klangbilder hörbar werden.

- 25 Extremes Fortissimo (fff) ist eine Folge der maximal möglichen Beschleunigung
der Hammerköpfe auf ihrem Weg zu den Klangsaiten, sodass die Hammerköpfe
bei ihrem Aufprall auf die Klangsaiten ein maximales Maß an Energie auf die
Klangsaiten übertragen. Diese maximal mögliche Energieübertragung führt dazu,
dass die Klangsaiten zu ihren maximal möglichen Schwingungen angeregt wer-
den und somit ein Maximum an Schwingungsenergie über die Klangstege in den
Resonanzboden gelangt, so dass dieser in seiner maximal möglichen Weise
30 schwingt und somit extrem laute Töne, Tonfolgen bzw. Klangbilder hörbar wer-
den.

In allen Lautstärkepegeln sind die Form und das Gewicht der Hammerköpfe, die Qualität der Hammerkopffilze, die Spannung innerhalb der Filzschichten und die Art der Intonation von Bedeutung hinsichtlich des Teiltonaufbaus einzelner Töne, wobei sich dieser Teiltonaufbau in den ersten Millisekunden unmittelbar nach
5 Aufprall des Hammerkopfes auf die Klangsaiten bildet und somit für die Klangbildungsphase von entscheidender Bedeutung ist.

Also ist eine Beobachtung der Bewegung der Hammerkopfeinheit durch die Sensoren von erheblichem Vorteil.

10

Als Quelle der zusätzlich zugeführte Energie dienen bevorzugt extern gespeicherte vorzugsweise digitale Tonsamples, welche in beliebiger Mischung und in beliebiger Energie dem Resonanzboden zugeführt werden können, so dass jeder einzelne Ton in seinem Teiltonspektrum und in seinen einzelnen Klangphasen
15 gestaltbar ist. Gleichzeitig wird durch den Einsatz der Tonsamples als externe Energiequelle jeglicher Rückkopplungseffekt vermieden, so dass das Maß an in den Resonanzboden zuführbarer zusätzlicher Schwingungsenergie nicht an die Grenzen eines Rückkopplungseffektes gebunden ist, sondern seine Grenzen ausschließlich in der mechanischen Belastbarkeit der vibrierenden Komponenten
20 des Klangkörpers, insbesondere des Resonanzbodens findet. Das Wort "Energiequelle" ist hier im übertragenen, nicht im physikalischen Sinn zu verstehen: Der Speicher mit den Tonsamples enthält die Daten für die Schwingungsenergie, nicht die Energie selbst, die beispielsweise über einen Verstärker eingekoppelt wird.

25

Für den Musiker, speziell den Pianisten, wird es durch die Erfindung möglich, seine Einflussnahme auf die von ihm gespielte Musik noch weiter zu erstrecken: Neben dem Musikstück und seiner Interpretation desselben kann er praktisch beliebig klanglich "festlegen", ob er in einem großen oder kleinen Raum spielt,
30 welchen Klaviertyp er benutzt, nach welcher Fassung dieser gestimmt ist und welche besonderen Akzente er setzen möchte, und dass auch noch von Musikstück zu Musikstück unterschiedlich. Auch Lautstärke und Geschwindigkeit werden nicht mehr vom Instrument unnötig begrenzt.

Die erfindungsgemäße Konzeption lässt sich darüber hinaus auch bei existierenden Pianoforteinstrumenten nachrüsten – ein wesentlicher Vorteil gerade bei wertvollen Exemplaren.

Im Folgenden werden anhand der Zeichnung die Grundlagen der Erfindung sowie einige Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

- 5 **Figur 1** ein typisches Schwingungsbild eines auf akustischem Weg erzeugten Grundtones eines Musikinstrumentes;
- 10 **Figur 2** ein Schwingungsbild mit Details der Klangbildungsphase und der Abklingphase eines Tones;
- 15 **Figur 3** die Phasen aus Figur 2 in schematischer Darstellung mit vier der hörbaren Teiltöne;
- 20 **Figur 4** die schematische Darstellung aus Figur 3 mit einer Verstärkung der Klangbildungsphase;
- 25 **Figur 5** die schematische Darstellung aus Figur 3 mit einer Verstärkung und Verlängerung der Klangbildungsphase;
- 30 **Figur 6** die schematische Darstellung aus Figur 3 mit einer Verlängerung und Verstärkung der Abklingphase;
- 35 **Figur 7** die schematische Darstellung aus Figur 3 mit einer Verlängerung und Verstärkung sowohl der Klangbildungs- als auch der Abklingphase;
- 40 **Figur 8** die schematische Darstellung aus Figur 3 mit einer gezielten Verstärkung der Klangbildungsphase nur bei ausgewählten Teiltönen;
- 45 **Figur 9** die schematische Darstellung aus Figur 3 mit einer gezielten Verlängerung und Verstärkung der Abklingphase nur bei ausgewählten Teiltönen;

- Figur 10** die schematische Darstellung aus Figur 3 mit einer Verlängerung und Verstärkung der Klangbildungs- und Abklingphasen bei nur ausgewählten Teiltönen;
- 5 **Figur 11** die schematische Darstellung aus Figur 3 mit einer unterschiedlichen Verlängerung und Verstärkung der Klangbildungs- und Abklingphasen unterschiedlicher Teiltöne; und
- 10 **Figur 12** eine schematische Darstellung des technischen Aufbaues einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung.
- 15 **Figur 1** zeigt das typische Schwingungsbild eines auf akustischem Weg erzeugten Grundtones H eines Flügels (oben) oder eines Pianos (unten). Der Grundton H besitzt eine Vielzahl von sogenannten harmonischen oder Teiltönen. Diese harmonischen beziehungsweise Teiltöne eines jeden Grundtones bilden das jeweilige Klangspektrum beziehungsweise Teiltönspektrum des entsprechenden Tones.
- 20 Dabei können die Töne von guten akustischen Pianoforteinstrumenten eine Vielzahl von Teiltönen aufweisen. Man geht davon aus, dass für das menschliche Ohr bei guten akustischen Pianoforteinstrumenten bis zu etwa 13 hörbare Teiltöne aufgebaut werden.
- 25 In Figur 1 sind hiervon nun 8 Teiltöne mit ihrem Schwingungsbild dargestellt, und zwar in angedeuteter dreidimensionaler Form in ihrem zeitlichen Verlauf.
- 30 Das Spektrogramm zeigt von links nach rechts die für diese Darstellung gewählte Anzahl der Teiltöne mit ihrer Frequenz f in Hertz und von oben nach unten den Verlauf der Abklingphasen der dargestellten Teiltöne, also die Zeitachse t in Sekunden. Nach oben von der Zeitachse aufragend ist der relative Schalldruckpegel in dB aufgetragen. Die Klangbildungsphase ist hier zur Übersichtlichkeit weggelassen. Der Schwingungsverlauf der einzelnen Teiltöne ist

dabei ständigen Variationen unterworfen. Er ändert sich fortlaufend in seiner Zusammensetzung und Intensität der einzelnen Teiltöne zueinander, so dass daraus der typische Klavierklang entsteht. Bei anderen Musikinstrumenten hört sich der gleiche Grundton H aus diesem Grund für das menschliche Ohr anders an, so dass der Hörer problemlos einen Grundton H von einem Klavier von einem Grundton H einer Gitarre unterscheiden kann. Das geschulte Ohr eines Musikers, Musikliebhabers und Fachmanns kann auch den typischen Klang ein und desselben Grundtones gespielt auf verschiedenen Klaviermodellen unterscheiden, da auch von Klavier zu Klavier der typische zeitliche Ablauf der einzelnen Teiltöne voneinander mehr oder weniger abweicht.

Der Teiltonaufbau mit seinen Schwingungsbildern verändert sich fortlaufend in variierenden Formen während der Klangbildungsphase und der Abklingphase. Er ist auch abhängig von der Spielweise des Pianisten (laut, leise, Staccato, Legato, mit/ohne Dämpferpedal, mit/ohne Tonhaltung, etc.).

Die erwähnten Veränderungen im zeitlichen Verlauf der einzelnen Teiltöne und der dadurch entstehende unterschiedliche Klang der Zusammensetzung erstrecken sich über die gesamte Zeitperiode vom Moment des Aufpralls eines Hammerkopfes auf die Klangsaiten während der in dem Spektrogramm nicht dargestellten Klangbildungsphase und während der im Spektrogramm gezeigten Dauer der gesamten Abklingphase bis zum endgültigen Ausschwingen der Klangseiten. Die Veränderungen stehen außerdem in sich ständig verändernder Interaktion mit den anderen Teiltönen des gleichen Grundtones und auch in Interaktion mit den Grund- und Teiltönen anderer Töne innerhalb des gesamten Tonumfanges des Instrumentes, welche in harmonischer Verwandtschaft mit dem angeschlagenen Ton und dessen Teiltönen stehen.

In **Figur 2** ist der hörbare Klangverlauf eines ausgewählten Tones ohne die Einspeisung zusätzlicher Schwingungsenergie dargestellt, also der Verlauf ohne Anwendung der Erfindung. Wiedergegeben ist der Ton insgesamt ohne eine Darstellung des darin enthaltenen Teiltönspektrums. Nach rechts ist die Zeit auf-

getragen, nach oben wiederum die Intensität beziehungsweise der Schalldruckpegel.

Wie in Figur 2 gut zu erkennen ist, beginnt die Klangbildungsphase B mit dem
5 Moment A des Aufpralls eines Hammerkopfes auf die Klangsaiten und den damit einsetzenden Schwingungen der Klangsaiten und endet zu dem Zeitpunkt C, an dem die Klangsaiten die Aufprallenergie in das Maximum der Schwingungsenergie umgewandelt haben und die Abklingphase D beginnt.

10 Während der Klangbildungsphase – auch Einschwingperiode genannt – beginnt jede einzelne Klangsaite in ihrem Grundton und den dazugehörigen Teiltönen zu schwingen. Die Abklingphase schließt sich fließend an das Ende der Klangbildungsphase an und endet mit dem Moment E, da die Schwingungsenergie in den Klangsaiten aufgezehrt ist.

15

Die Darstellung zeigt unter anderem auch, dass auch die Abklingphase keineswegs nur einen rein abfallenden Verlauf nimmt, sondern dass der hörbare Klangverlauf durchaus Wendepunkte und Maxima aufweist. Gerade diese Effekte beeinflussen ja auch den Klangeindruck, den ein bestimmter Ton bei einem
20 bestimmten Musikinstrument hervorruft. Die dargestellten Verläufe sind hier rein beispielhaft gewählt, also bei verschiedenen Tönen durchaus unterschiedlich.

In der **Figur 3** sind nun die Klangbildungsphasen und Abklingphasen in schematischer Darstellung wesentlich vereinfacht am Beispiel von nur vier gezeigten der
25 oben erwähnten bis zu 13 hörbaren Teiltöne dargestellt. Figur 3 gilt im Folgenden als Referenzabbildung für die Veränderungen, die sich bei entsprechender Einflussnahme darstellen.

Die folgenden Figuren zeigen nun, dass verschiedene Formen der Veränderung
30 und Beeinflussung des Klanges durch die erfinderische Konzeption möglich werden. Die Darstellungen sind in einer quasi dreidimensionalen Form erfolgt. Von links nach rechts ist aber jeweils die Zeit aufgetragen, von unten nach oben die Intensität eines bestimmten Teiltones und von vorne nach hinten sind nachein-

ander vier ausgewählte Teiltöne aufgetragen. Es entsteht also eine vereinfachte Darstellung des Teiltontonspektrums eines Tones. Abgebildet ist jeweils der hörbare Klangverlauf der Vierteltöne. Mit der durchgezogenen Linie L wird der von den schwingenden Klangsaiten eines Pianoforteinstrumentes ohne Einspeisung zusätzlicher Schwingungsenergie erzeugte Klang dargestellt. Mit der stark gepunkteten Linie M ergibt sich der Klangverlauf der gleichen Teiltöne, wenn zusätzlich zu dem von den schwingenden Klangsaiten generierten Klangverlauf noch eine Einspeisung zusätzlicher Schwingungsenergie erfolgt, wobei die Art und Form dieser Einspeisung in den folgenden Beschreibungen noch näher erläutert wird.

Die dünn gepunktete Linie N berücksichtigt, dass nun auch ein verstärktes Mitschwingen der Klangsaiten selbst erfolgt.

Figur 4 zeigt, wie in der Klangbildungsphase Schwingungsenergie zusätzlich eingespeist wird und so eine Verstärkung des gesamten Tones über sämtliche Teiltöne hinweg eintritt. Wenn diese Veränderung vorgenommen wird, ändert sich in erster Linie für den Hörer der Eindruck hinsichtlich Härte und Lautstärke des Anschlages.

Figur 5 zeigt in ähnlicher Form, dass die Klangbildungsphase sowohl verstärkt als auch verlängert wird, in dem hier Schwingungsenergie eingespeist wird.

Figur 6 zeigt eine unveränderte Klangbildungsphase, dafür wird die Abklingphase verlängert und verstärkt, und zwar wiederum für den gesamten Ton. Die Tondauer wird erhöht.

Figur 7 zeigt eine Verlängerung und Verstärkung sowohl von Klangbildungs- und Abklingphasen, wodurch sich nun die beiden Effekte ergänzen.

Figur 8 und die daran anschließenden Darstellungen zeigen nun, dass der Klangcharakter einzelner Töne oder ganzer Tonlagen gezielt verändert und bereichert wird. Dies geschieht durch eine gezielte Zuführung von Schwingungs-

energie bezogen auf einzelne oder auch eine Mehrzahl von ausgewählten Teiltönen des klingenden Tones.

Bei Figur 8 geschieht dies durch eine gezielte Verstärkung von zwei Teiltönen in
5 der Klangbildungsphase.

In **Figur 9** erfolgt dies durch eine gezielte Verlängerung und Verstärkung einzelner Teiltöne in der Abklingphase.

10 In **Figur 10** erfolgt dies durch eine Verlängerung und Verstärkung einzelner Teiltöne sowohl in den Klangbildungs- und Abklingphasen.

Figur 11 schließlich zeigt eine Verlängerung und Verstärkung unterschiedlicher Teiltöne in unterschiedlicher Form sowohl in den Klangbildungs- als auch in den
15 Abklingphasen.

Das Ergebnis der in den Figuren 4 bis 11 dargestellten und entsprechend beschriebenen Möglichkeiten zur Beeinflussung der hörbaren Klangphasen können somit wahlweise die Klangbilder einzelner Töne oder auch wahlweise ausgewählte Teiltöne einzelner Töne in jeweils variablen Formen verlängert und/oder
20 verstärkt und insgesamt verändert werden.

Dadurch wird es möglich, den gesamten Klang des Instrumentes oder aber auch nur die Klangbilder und die Klangcharakteristiker einzelner Töne, von Tonfolgen oder ausgewählten Tonlagen wahlweise gezielt zu verändern und zu beeinflussen. Es ergeben sich daraus bisher nicht gekannte Möglichkeiten zum Klangdesign. Die folgenden Beispiele der klangbildenden Wirkungsweise der Instrumente sind keineswegs abschließend, es gibt auch noch weitere Anpassungsmöglichkeiten:

30

- a) es ist eine Anpassung an verschiedene Formen der musikalischen Ausdrucksweise möglich, die beispielsweise aus unterschiedlichen musikalischen Perioden stammen.

- 5 b) es ist eine Anpassung an unterschiedliche akustische Raumverhältnisse möglich, in denen das Pianoforteinstrument steht. So können nach Wahl und Wunsch des Pianisten kleine und große, leere und volle Hallen berücksichtigt und die dadurch entstehenden Klangdefizite oder Klangveränderungen kompensiert werden. Auch Nachhallzeiten oder akustische Eigenschaften bestimmter Räume können ausgeglichen oder aber wunschgemäß auch andernorts simuliert werden.
- 10 c) die besonderen Erwartungen und Ansprüche von Pianisten und Klavierspielen an das Klangverhalten des Instrumentes oder dessen Klangwirkung im Raum können individuell eingestellt werden.
- 15 d) musikalisch differenzierte Ansprüche und auch Anforderungen an das Instrument können wesentlich besser berücksichtigt werden als bisher. So können Pianoforteinstrumente ja zu ganz unterschiedlichen Zwecken eingesetzt werden, etwa zur Liedbegleitung, zur Kammermusik oder auch als Soloinstrument, während andererseits eine Heraushebung oder vielleicht auch Reduzierung des Pianoforteinstrumentes bei bestimmten
- 20 Orchestersituationen sehr gewünscht ist und dies bei bestimmten Tönen auch sehr unterschiedlich sein kann.

25 In **Figur 12** sind die Komponenten dargestellt, die in einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung für ein Pianoforteinstrument enthalten sind.

30 Ein Pianoforteinstrument 10 besitzt dabei ein Spielwerk 11 mit einer Reihe von Tasten (in Figur 12 nicht im Einzelnen dargestellt). Die Tasten des Spielwerkes 11 wirken auf Saiten mittels einer Hebelkonstruktion und einer Hammerkopfeinheit ein und die Saiten bringen wiederum einen Resonanzboden 20 zum Schwingen. Der Resonanzboden 20 ist eine membranartig gespannte Fläche, welche ringsum stabil am oder im Pianoforteinstrument 10 gelagert ist.

Erfindungsgemäß sind nun die Tasten des Spielwerkes 11 mit Sensoren 15 ausgerüstet. Diese Sensoren müssen nicht notwendig an der Taste selbst angeordnet sein. Es können auch die Bewegungen einzelner Hebelelemente in dem Spielwerk 11 des Pianoforteinstrumentes aufgezeichnet werden. Die Sensoren 15 können unter, über oder hinter den Tasten, innerhalb, vor oder hinter dem Hebelsystem des Spielwerkes 11, über, unter oder hinter der Hammerkopfeinheit oder an anderen Stellen angeordnet sein. Als Sensoren 15 kommen mechanische, optische, induktive, magnetisch oder in anderer Form wirkende Sensorsysteme zur Aufzeichnung der entsprechenden Bewegungen innerhalb des Spielwerkes 11 in Betracht.

Die Sensoren 15 zeichnen beispielsweise die Beschleunigung der zur Messung ausgewählten Hebelelemente des Spielwerkes 11 auf. Aus den gemessenen Beschleunigungen kann dann in noch im Folgenden erörterten weiteren Einrichtungen die Anschlagsintensität beziehungsweise der Impuls der Hammerköpfe auf die Klangsaiten und somit die Klangstärke ermittelt werden, also, ob der Spieler derzeit Pianissimo oder Fortissimo beziehungsweise welche Klangstärke dazwischen spielt. In anderen Ausführungsformen können auch Sensoren 15 für die Position, die Geschwindigkeit oder andere Daten eingesetzt werden.

Die Sensoren 15 können individuell einzeln für jeden einzelnen Ton die mechanischen Bewegungen eines oder mehrerer ausgewählter Teile innerhalb des Spielwerkes 11 registrieren. Sie liefern dann Informationen, die bevorzugt im MIDI-Format (musical instrument digital interface) vorliegen. Diese Informationen enthalten Angaben beispielsweise über den Beginn der Abwärtsbewegung einer Taste und über das Ende der Abwärtsbewegung einer Taste. Auch die Tonhaltedauer kann als Information weiter gegeben werden, also der Zeitraum, über den die Taste vom Pianisten unten gehalten wird und/oder über die das Dämpfungspedal getreten oder das Tonhaltepedal getreten wird. Auch Informationen über die Aufwärtsbewegung der Taste be-

ziehungsweise eine wieder in Ruheposition befindliche Taste können übermittelt werden.

5 Diese von den Sensoren 15 ermittelten und in einem entsprechenden Format generierten MIDI-Daten werden nun weiter übermittelt zu einer Einrichtung 30. In dieser Einrichtung 30 befindet sich unter anderem eine Einrichtung 33 zur Tonsteuerung. Diese Einrichtung kann außerdem aus einem Speicher für Tonsamples Daten abgreifen. Abhängig von den übermittelten Daten der Sensoren 15 werden aus einem Speicher 31 jeweils jene Töne be-
10 ziehungsweise Teiltöne eines Tones entnommen, welche in ihrer Tonlage dem jeweils gespielten Ton entsprechen. Dieser Speicher 31 dient mithin als externe Quelle für Daten, die Grundlage für die Zuführung zusätzlicher Schwingungsenergie in den Resonanzboden 20 werden wird.

15 Diese Daten können individuell für jeden Ton gespeicherte Frequenzen, Teiltoncharakteristiker sowie Parameter der Klangbildungs- und Abklingphasen enthalten.

20 Die Einrichtung 33 zur Tonsteuerung stellt nun aus den Daten der Sensoren 15 und diesen zugehörig aus dem Speicher 31 entnommenen Daten zur Lautstärke und zur Tonlänge des jeweils gespielten Tones Ausgangswerte an eine weitere Einrichtung 34 zur Tonmodifizierung zur Verfügung.

25 Diese Einrichtung 34 zur Tonmodifizierung kann nun wahlweise die Struktur, den Aufbau, die Zusammensetzung des Teiltonspektrums jeden einzelnen Tones gezielt verstärken, erhöhen oder verlängern. Dazu werden die von der Einrichtung 33 zur Tonsteuerung übernommenen Daten entsprechend verlängert, ergänzt, verstärkt und sonst verändert. Dadurch kann Ton für Ton entsprechend den Figuren 4 bis 11 und den zugehörigen Beschreibungen in-
30 dividuell gestaltet, erweitert und geformt werden.

Die entsprechend selektiv ausgewählten Tonergänzungsparameter lassen also für jeden einzelnen Ton jeweils hinsichtlich seines gesamten Teilton-

5 spektrums oder daraus ausgewählter Teiltöne in beliebiger Zusammensetzung während der Klangbildungsphase, während der Abklingphase und/oder während beider Phasen durch Hinzufügen, Verstärken und Verlängern wesentliche Beeinflussungen und Bereicherungen der im Resonanzboden 20 stattfindenden Klangbildung zu.

10 Zusätzlich ist in der dargestellten Ausführungsform ein Steuermodul 35 vorgesehen. Dieses Steuermodul 35 kann Vorgabeschaltungen, Presets, Regler und/oder bildschirmgesteuerte Software aufweisen, die während des Spielens von dem Pianisten oder auch weiteren an der Darbietung beteiligten Personen bedient oder beeinflusst werden können. Es ist also möglich, während einer Musikdarbietung beispielsweise ein bestimmtes Stück in einer Weise zu beeinflussen, ein später folgendes jedoch ganz anders. Dadurch kann völlig unterschiedlichen Charakteristika der einzelnen Musikstücke 15 Rechnung getragen werden. So können beispielsweise Kompositionen aus dem Barock in einer völlig anderen Teiltonkomposition dargeboten werden, also mit einem ganz anderen Klangbild, als beispielsweise Stücke, die mit anderen Klangvorstellungen im 20. Jahrhundert komponiert wurden.

20 Sofern gewünscht, können auch während des einzelnen Musikstückes Änderungen vorgenommen werden, um beispielsweise verschiedene Passagen eines Musikstückes anders zu beeinflussen. So kann beispielsweise für bestimmte Momente innerhalb eines Musikstückes der Eindruck erzeugt werden, die Vorführung fände in einer Kathedrale statt, in dem beispielsweise 25 entsprechende Nachhalleffekte durch Teiltonverlängerungen künstlich hervorgerufen werden, während dieses für den Rest des Musikstückes nicht geschieht.

30 Eine Verstärkereinheit 36 verstärkt dann die von der Einrichtung 34 zur Tonmodifizierung und dem Steuermodul 35 übernommenen Signale. Der Umfang der Verstärkung der Signale kann auch über das Steuermodul 35 wahlweise über Vorgabeschaltungen, Presets, Regler und/oder bildschirmorientierte Steuersoftware bestimmt werden.

5 Die Verstärkereinheit 36 stellt letztlich die erforderliche Energie zur Verfügung, damit die modifizierten Daten aus den vorhergehenden Einrichtungen auch energetisch wirksam in den Resonanzboden 20 eingespeist werden können.

10 Diese Einspeisung der zusätzlichen Schwingungsenergie in den Resonanzboden 20 erfolgt über elektromagnetisch wirkende Treibersysteme 25, 26. In Abhängigkeit von der Größe der Musikinstrumente und dem Volumen an zusätzlich einzuspeisender Energie werden wahlweise eines oder mehrere solcher Treibersysteme 25, 26 an einem Musikinstrument beziehungsweise an seinem Resonanzboden 20 installiert.

15 Die Treibersysteme 25, 26 weisen am Resonanzboden 20 befestigte Spulen auf, ferner in drei Dimensionen frei im Raum justierbare spezielle Magnetsysteme sowie Treibermagneten. Von Vorteil ist es, wenn die Treibersysteme 25, 26 Spulen mit einem minimalen Gewicht aufweisen, bei gleichzeitig möglichst hohem Wirkungsgrad in den klavierspezifischen Frequenzbereichen. Die zum Antrieb der Spulen verwendeten justierbaren Magnetsysteme sollten
20 qualitativ hochwertig sein und die Treibermagneten eine möglichst schwere Montagebasis zur Minimierung von Energieverlusten aufweisen.

25 Zusammengefasst zeichnen die Sensoren 15 die Bewegungen der Tasten oder der Hammerköpfe oder anderer beweglicher Teile in dem Spielwerk 11 des Pianoforteinstrumentes 10 auf. Daraus werden Mididaten generiert. Diese dienen dazu, die in dem Speicher 31 für die Tonsamples aufgezeichneten dazugehörigen Tonsamples abzurufen, mit deren Hilfe dann ausgewählte zusätzliche Klangenergie in den Resonanzboden 20 eingespeist wird. Diese zusätzliche Klangenergie ergänzt die jeweils durch die schwingenden
30 Klangseiten in den Resonanzboden 20 eingetragene Schwingungsenergie und erweitert sie im Detail.

Bezugszeichenliste

	10	Pianoforteinstrument
	11	Spielwerk
5	15	Sensor
	20	Resonanzboden
	25	Resonanzbodentreibersystem
	26	Resonanzbodentreibersystem
10	30	Einrichtung zur Klangerweiterung
	31	Speicher für Ton Samples
	33	Einrichtung zur Tonsteuerung
	34	Einrichtung zur Tonmodifizierung
15	35	Steuermodul
	36	Verstärkereinheit
	f	Frequenz in Hertz (Hz)
	t	Zeit in Sekunden (s)
20	rS	relativer Schalldruckpegel in Dezibel (dB)
	A	Aufprallmoment des Hammerkopfes
	B	Klangbildungsphase
	C	Ende der Klangbildungsphase
25	D	Abklingphase
	E	Ende der Abklingphase
	L	durchgezogene Linie
	M	stark gepunktete Linie
30	N	dünn gepunktete Linie

Ansprüche

1. Pianoforteinstrument,
5 mit einem Spielwerk (11) mit Tasten,
mit Saiten, die über einen Mechanismus bei einer Betätigung der Tasten
angeschlagen und in Schwingung versetzt werden,
mit einem Resonanzboden (20), auf den die Schwingungen der Saiten
übertragen werden, und
10 mit einer Einrichtung (25, 26) zur Einspeisung zusätzlicher Schwingungs-
energie in den Resonanzboden (20),
dadurch gekennzeichnet,
dass Sensoren (15) vorgesehen sind, die die Betätigung der Tasten des
Spielwerks (11) mittelbar oder unmittelbar detektieren,
15 **dass** eine Einrichtung (30) zur Klangerweiterung vorhanden ist, der die
Messwerte der Sensoren (15) zugeführt werden,
dass die Einrichtung (30) zur Klangerweiterung mit Einrichtungen (31, 33,
34, 35) ausgerüstet ist, die abhängig von den Messwerten der Senso-
ren (15) Daten zusammenstellen, die einem gewünschten Klangcharakte-
20 ristikum entsprechen, und
dass die Einrichtung (30) zur Klangerweiterung über die Einrichtung (25,
26) zur Einspeisung zusätzliche Schwingungsenergie entsprechend den
ermittelten Daten dem Resonanzboden (20) zuführt.
- 25 2. Pianoforteinstrument nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die von der Einrichtung (30) zur Klangerweiterung extern erzeugte
Schwingungsenergie über die Einrichtung (25, 26) zur Einspeisung in den
Resonanzboden (20) in Echtzeit zusätzlich zu der auf mechanischem
30 Weg von den schwingenden Klangsaiten in den Resonanzboden (20)
gelangenden Schwingungsenergie eingespeist wird.

3. Pianoforteinstrument nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Einrichtung (30) zur Klangerweiterung einen Speicher (31) für
Tonsamples aufweist, und
5 **dass** den von den Sensoren (15) im Spielwerk (11) des Instrumentes (10)
registrierten Betätigungen der Tasten entsprechenden Tönen samt deren
Teiltönen aus dem Speicher (31) Tonsamples zugeordnet werden.
- 10 4. Pianoforteinstrument nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Einrichtung (30) zur Klangerweiterung eine Einrichtung (34) zur
Tonmodifizierung aufweist, und
dass die Einrichtung (34) zur Tonmodifizierung die von den Senso-
ren (15) und aus dem Speicher (31) stammenden Daten der Töne modifi-
15 ziert.
- 20 5. Pianoforteinstrument nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Steuermodul (35) vorgesehen ist, dass beispielsweise über Pre-
sets, Regler und/oder bildschirmgesteuerte Software die Einrichtung (34)
zur Tonmodifizierung dergestalt steuert, dass dadurch individuelles
Klangdesign durch die wahlweise Beeinflussung der Töne möglich wird.
- 25 6. Pianoforteinstrument nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Verstärkermodul (36) vorgesehen ist, dass die von der dem
Steuermodul (35) übernommenen Signale verstärkt.

7. Pianoforteinstrument nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die von dem Verstärkermodul (36) abgehenden Signale der Einrichtung (25 26) zur Einspeisung von Schwingungsenergie zugeführt werden, dort in mechanische Schwingungen umgesetzt und in den Resonanzboden (20) eingeleitet werden.
8. Pianoforteinstrument nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Einrichtung (25, 26) zur Einspeisung von Schwingungsenergie ein oder mehrere Treibersysteme aufweist.
9. Pianoforteinstrument nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass jedes Treibersystem (25, 26) einen Ringmagneten aufweist, in dessen Kern eine Spule angeordnet ist, welcher am Resonanzboden (20) ortsfest montiert ist und den Resonanzboden (20) antreibt.
10. Pianoforteinstrument nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Treibermagnet mit speziellen Justiervorrichtungen in allen 3 Dimensionen justierbar ist und so auf die Position des am Resonanzboden (20) befestigten Spulenkörpers exakt ausgerichtet werden kann.
11. Pianoforteinstrument nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der justierbare Treibermagnet in einem schweren Grundkörper gelagert ist, welcher seinerseits an einem Rastenkörper des Pianoforteinstrumentes befestigt ist.

12. Verfahren zur Beeinflussung des Klanges eines Pianoforteinstrumentes,
mit einem Spielwerk (11) mit Tasten,
mit Saiten, die über einen Mechanismus bei einer Betätigung der Tasten
angeschlagen und in Schwingung versetzt werden,
5 mit einem Resonanzboden (20), auf den die Schwingungen der Saiten
übertragen werden, und
mit einer Einrichtung (25, 26) zur Einspeisung zusätzlicher Schwingungs-
energie in den Resonanzboden (20),
dadurch gekennzeichnet,
10 **dass** mittels Sensoren (15) die Betätigung der Tasten des Spiel-
werks (11) mittelbar oder unmittelbar detektiert wird,
dass einer Einrichtung (30) zur Klangerweiterung die Messwerte der
Sensoren (15) zugeführt werden,
dass Einrichtungen (31, 33, 34, 35) vorgesehen sind, die abhängig von
15 den Messwerten der Sensoren (15) Daten zusammenstellen, die einem
gewünschten Klangcharakteristikum entsprechen, und
dass die Einrichtung (30) zur Klangerweiterung über die Einrichtung (25,
26) zur Einspeisung zusätzliche Schwingungsenergie entsprechend den
ermittelten Daten dem Resonanzboden (20) zuführt.

Zusammenfassung

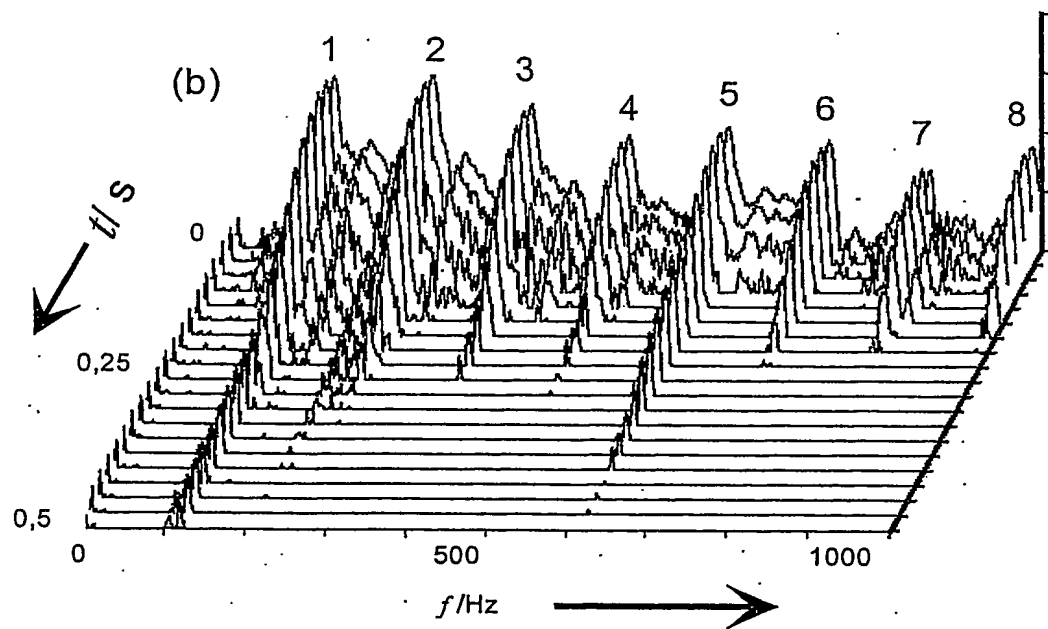
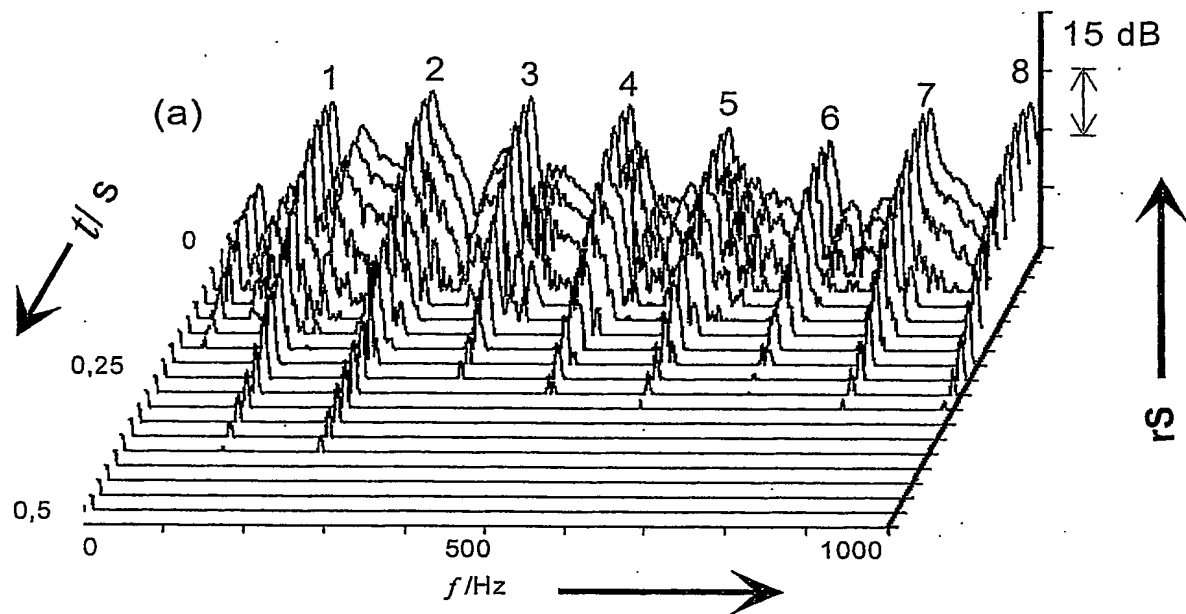
Ein Pianoforteinstrument besitzt ein Spielwerk (11) mit Tasten. Außerdem sind
5 Saiten vorgesehen, die über einen Mechanismus bei einer Betätigung der Tasten
angeschlagen und in Schwingung versetzt werden. Die Schwingungen der Saiten
werden auf einen Resonanzboden (20) übertragen. Eine Einrichtung (25, 26)
zur Einspeisung zusätzlicher Schwingungsenergie in den Resonanzboden (20)
ist vorgesehen.

10

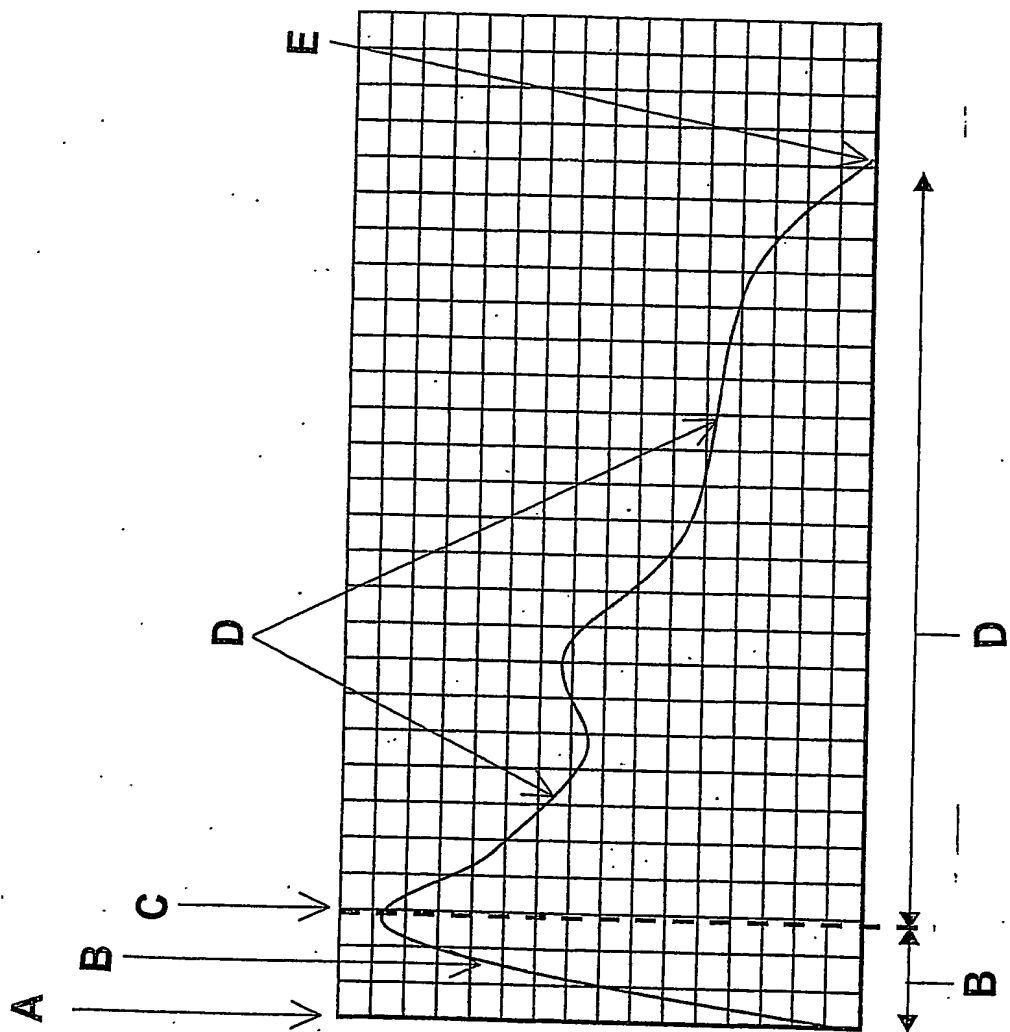
Außerdem sind Sensoren (15) vorgesehen, die die Betätigung der Tasten des
Spielwerks (11) mittelbar oder unmittelbar detektieren. Die Messwerte der Sensoren
(15) werden einer Einrichtung (30) zur Klangerweiterung zugeführt. Die
Einrichtung (30) zur Klangerweiterung ist mit Einrichtungen (31, 33, 34, 35) ausgerüstet,
15 die abhängig von den Messwerten der Sensoren (15) Daten zusammenstellen,
die einem gewünschten Klangcharakteristikum entsprechen. Die
Einrichtung (30) zur Klangerweiterung führt über die Einrichtung (25, 26) zur
Einspeisung zusätzliche Schwingungsenergie entsprechend den ermittelten Daten
dem Resonanzboden (20) zu.

20

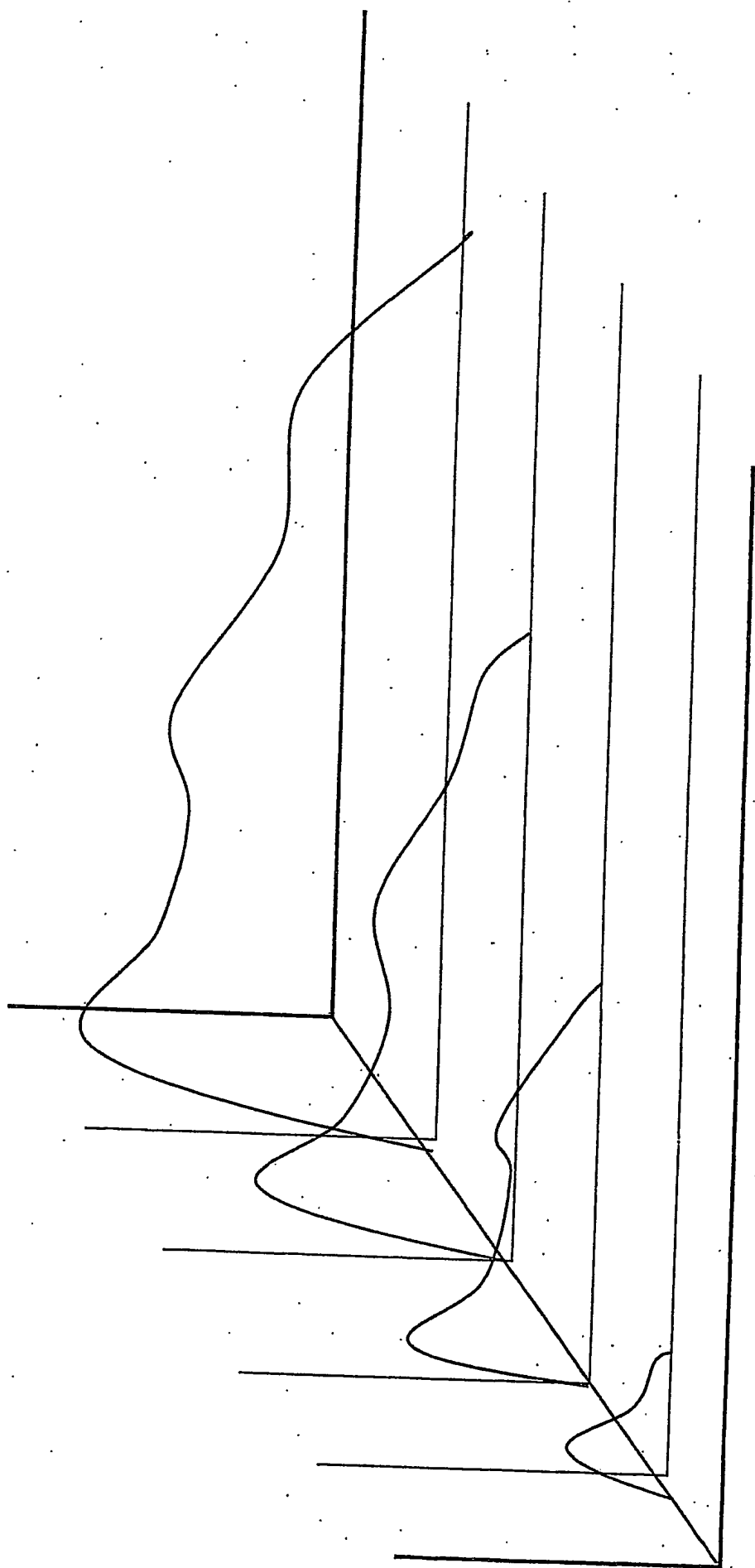
Figur 12



Figur 1

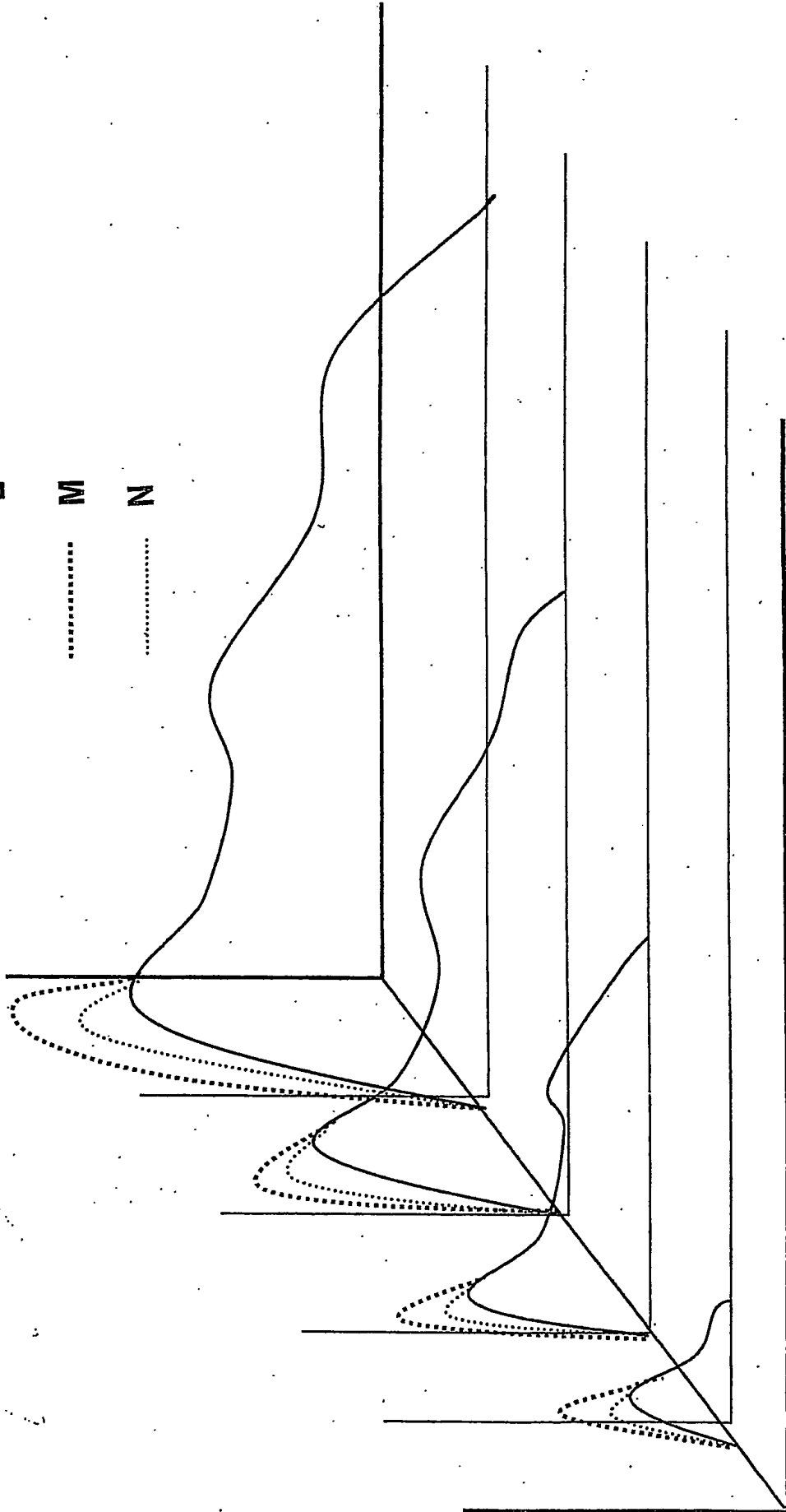


Figur 2

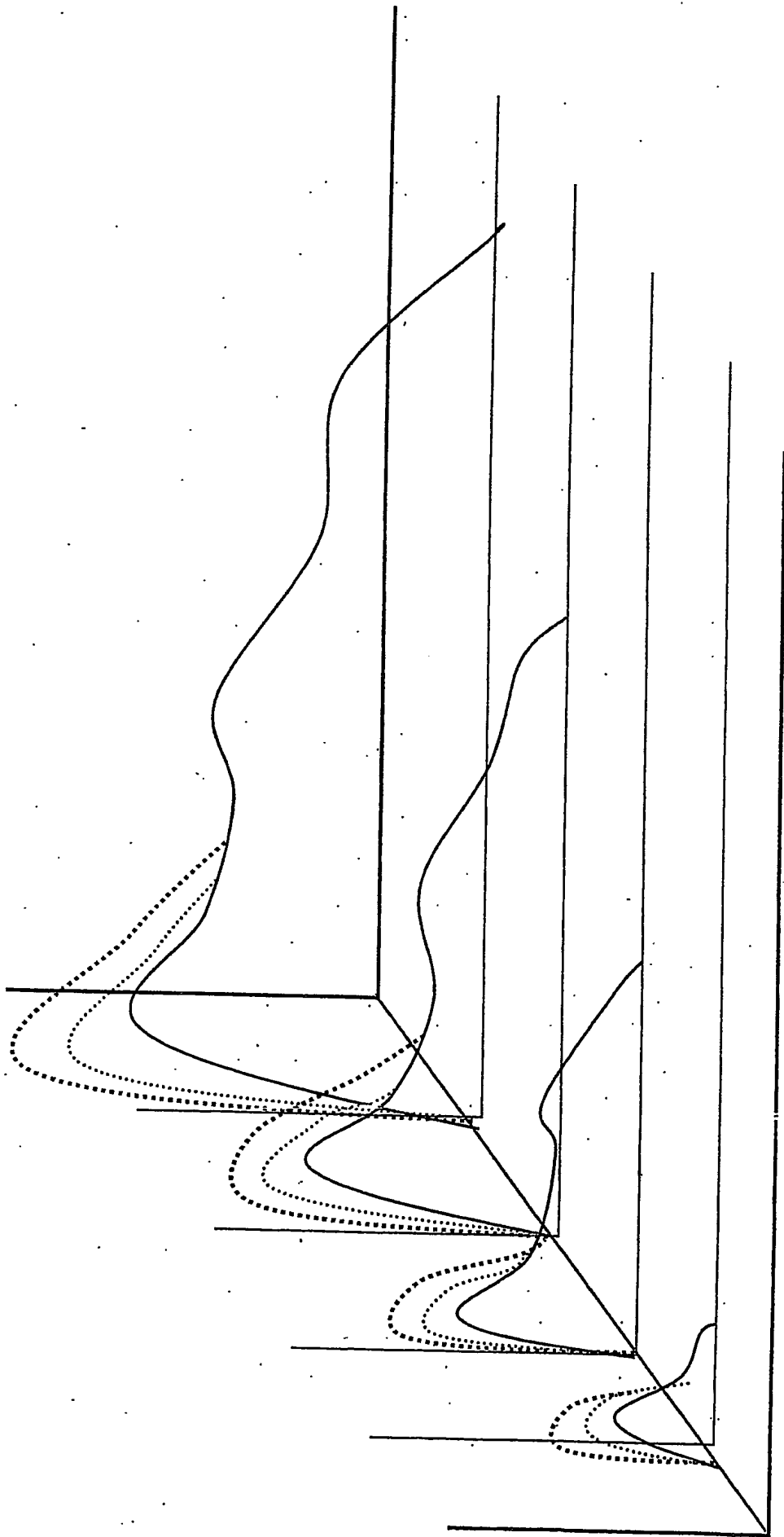


Figur 3

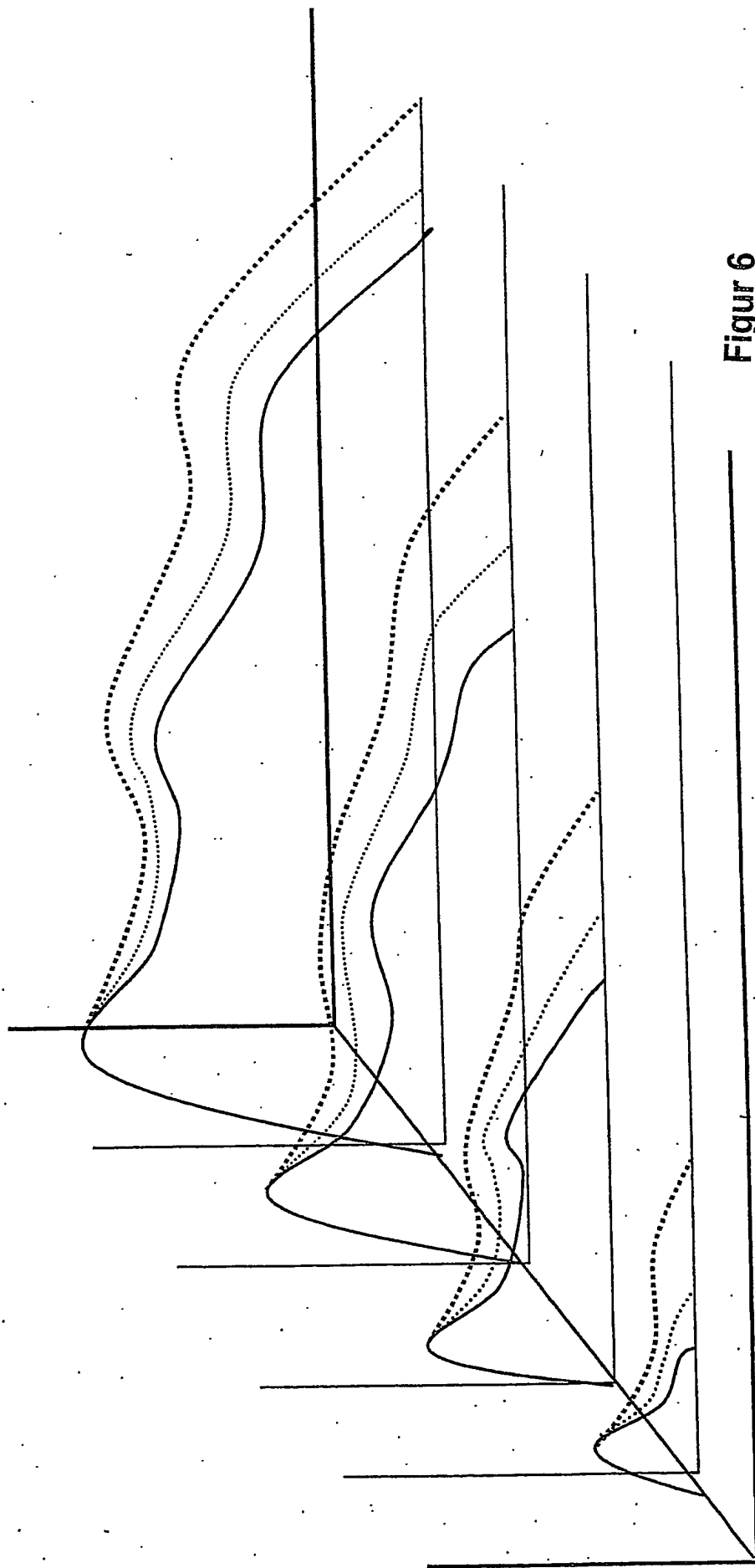
L
M
N



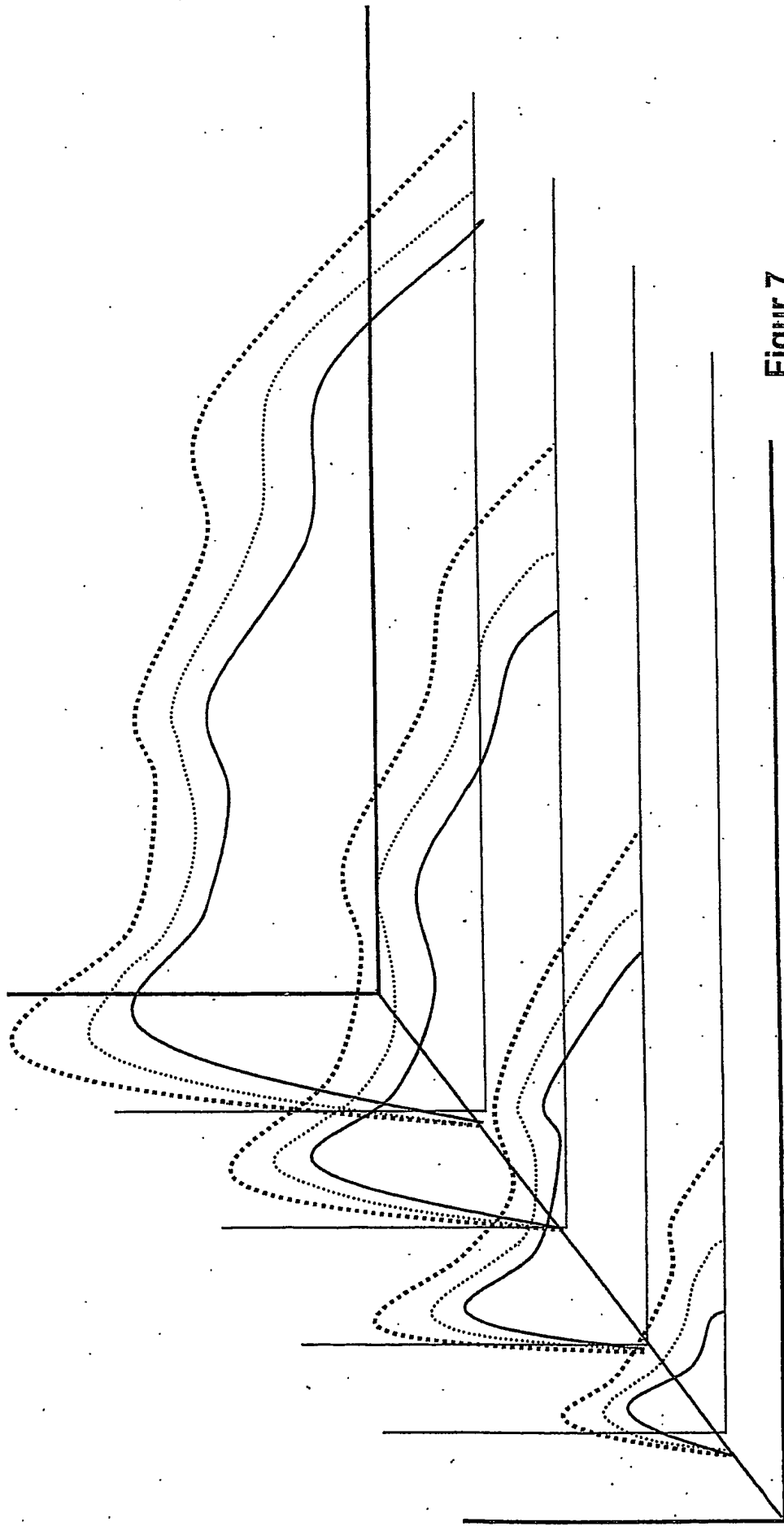
Figur 4



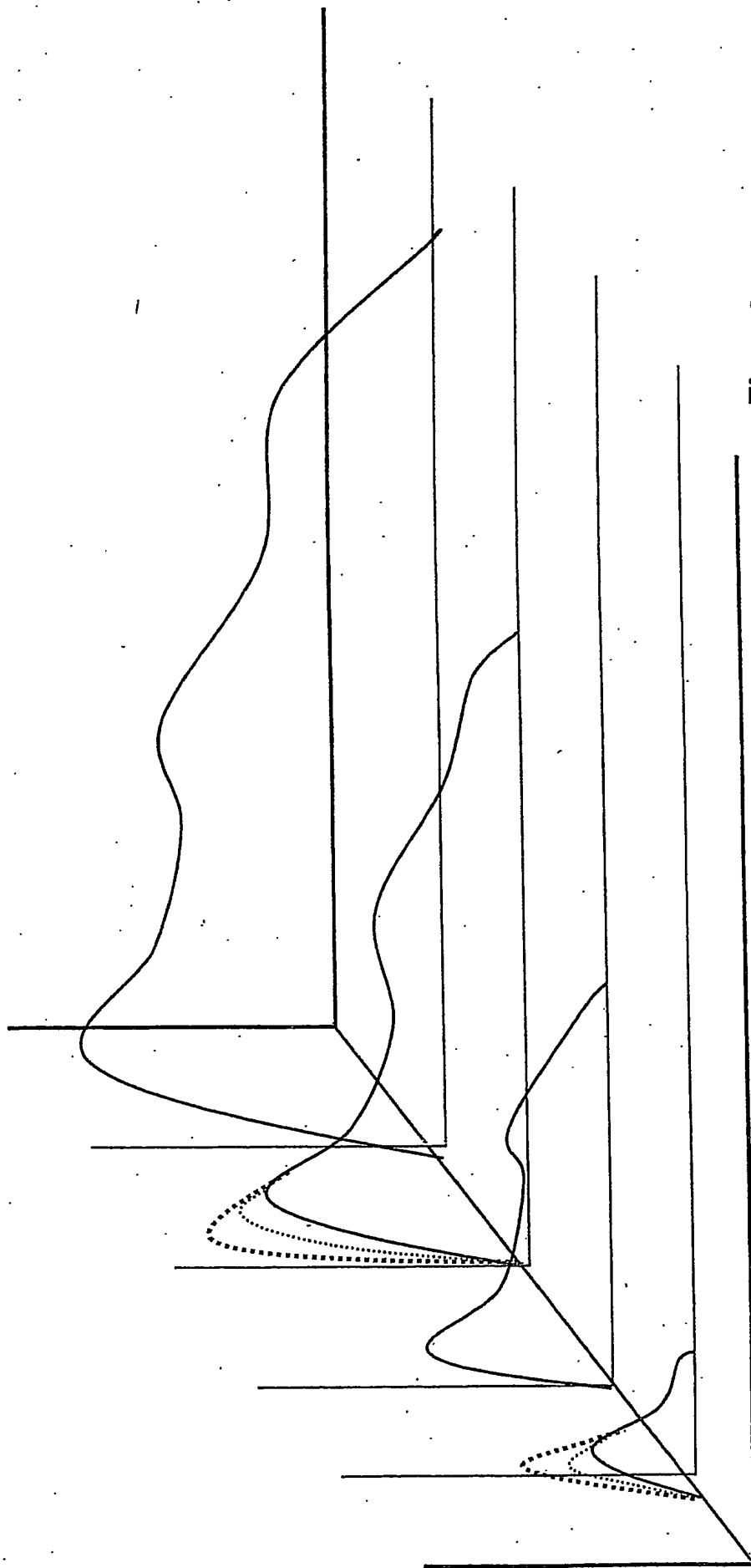
Figur 5



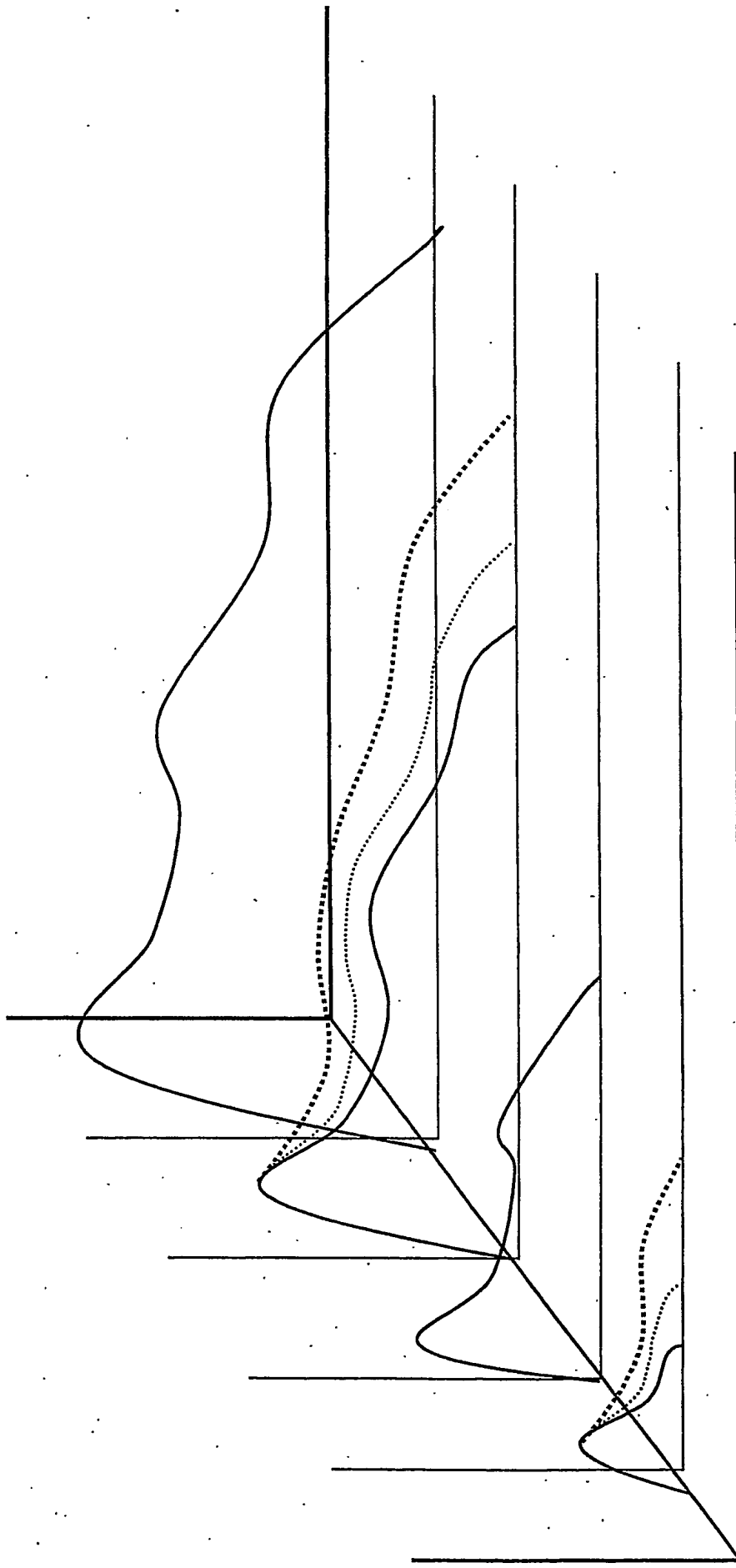
Figur 6



Figur 7



Figur 8



Figur 9

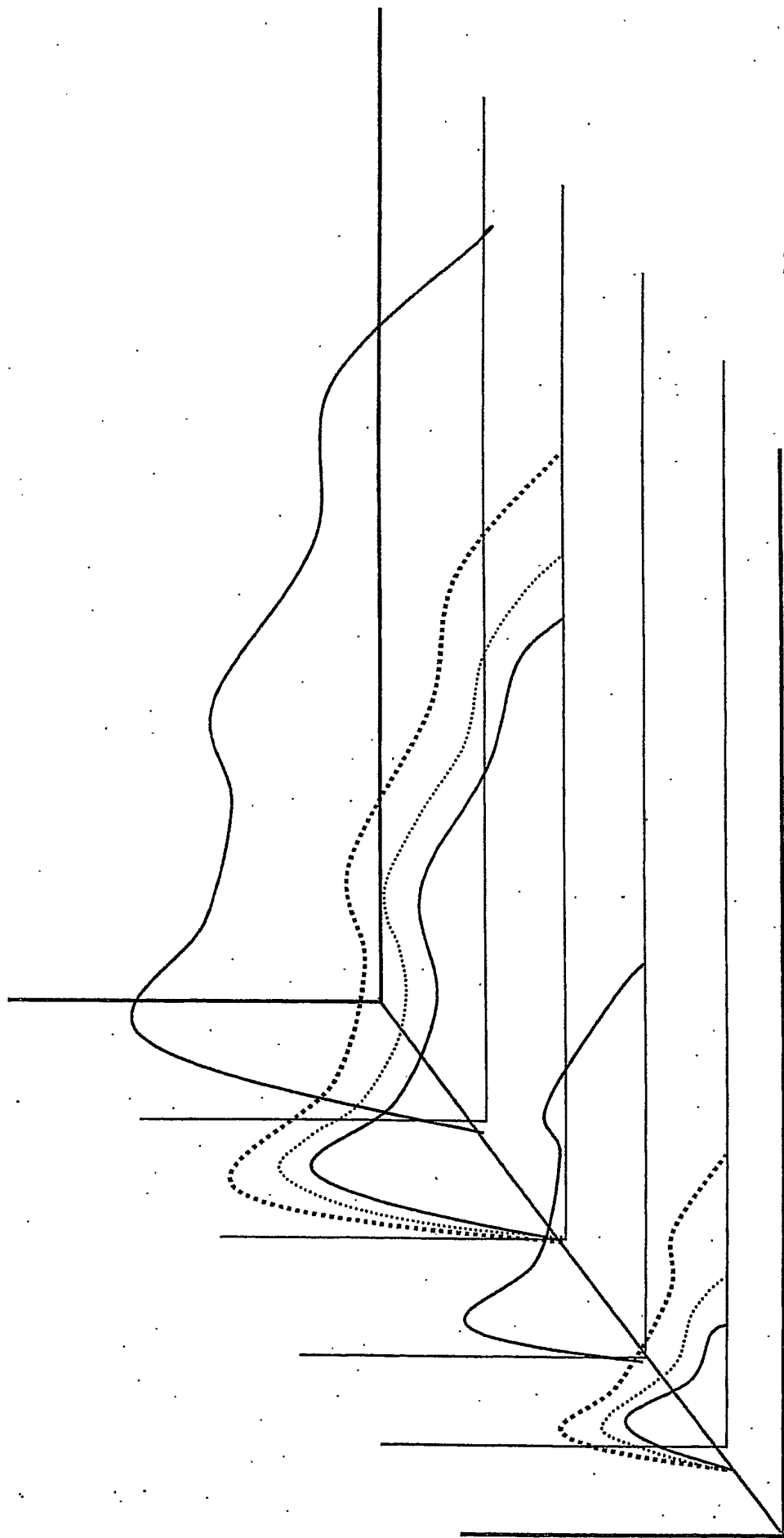
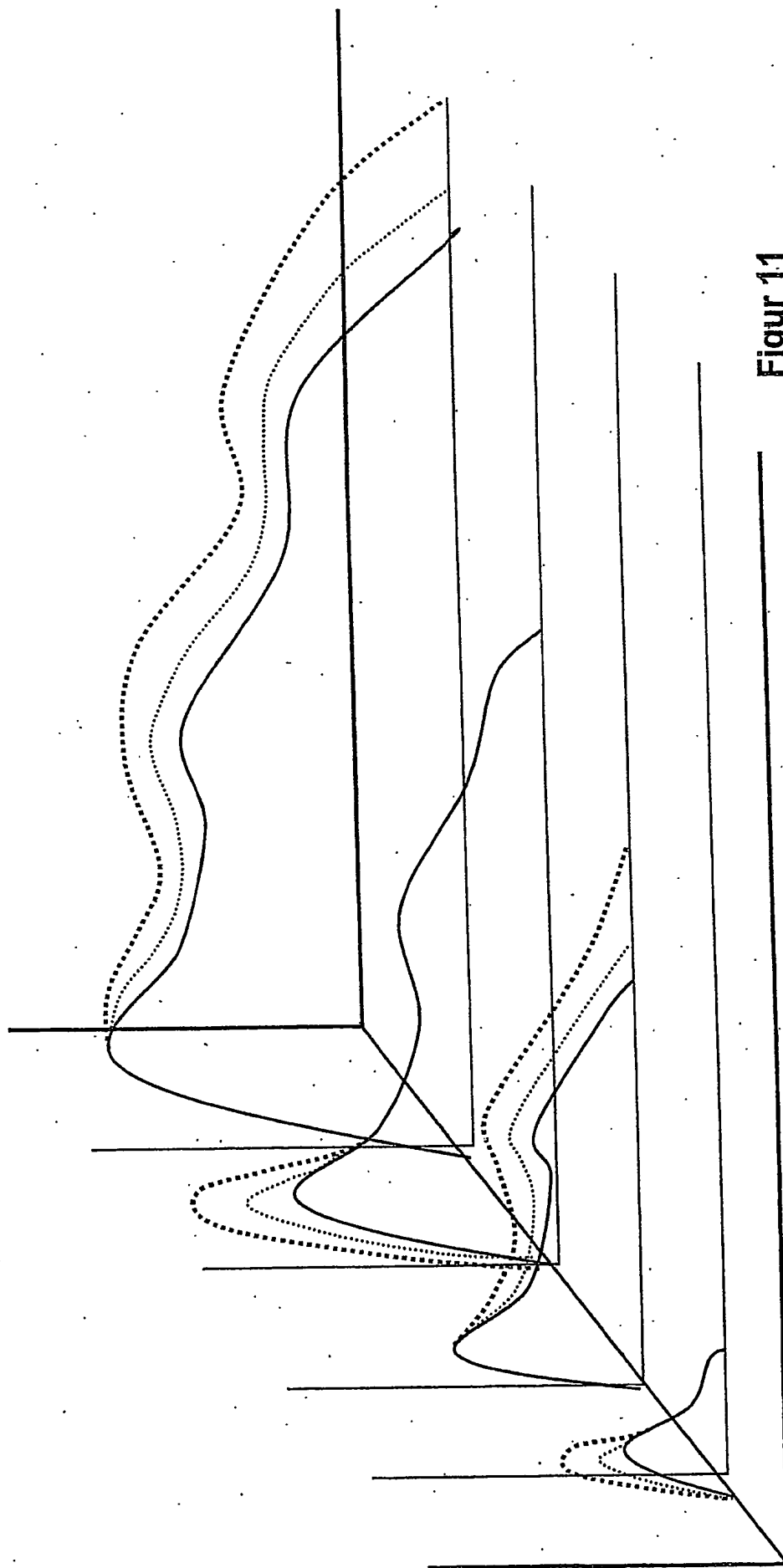
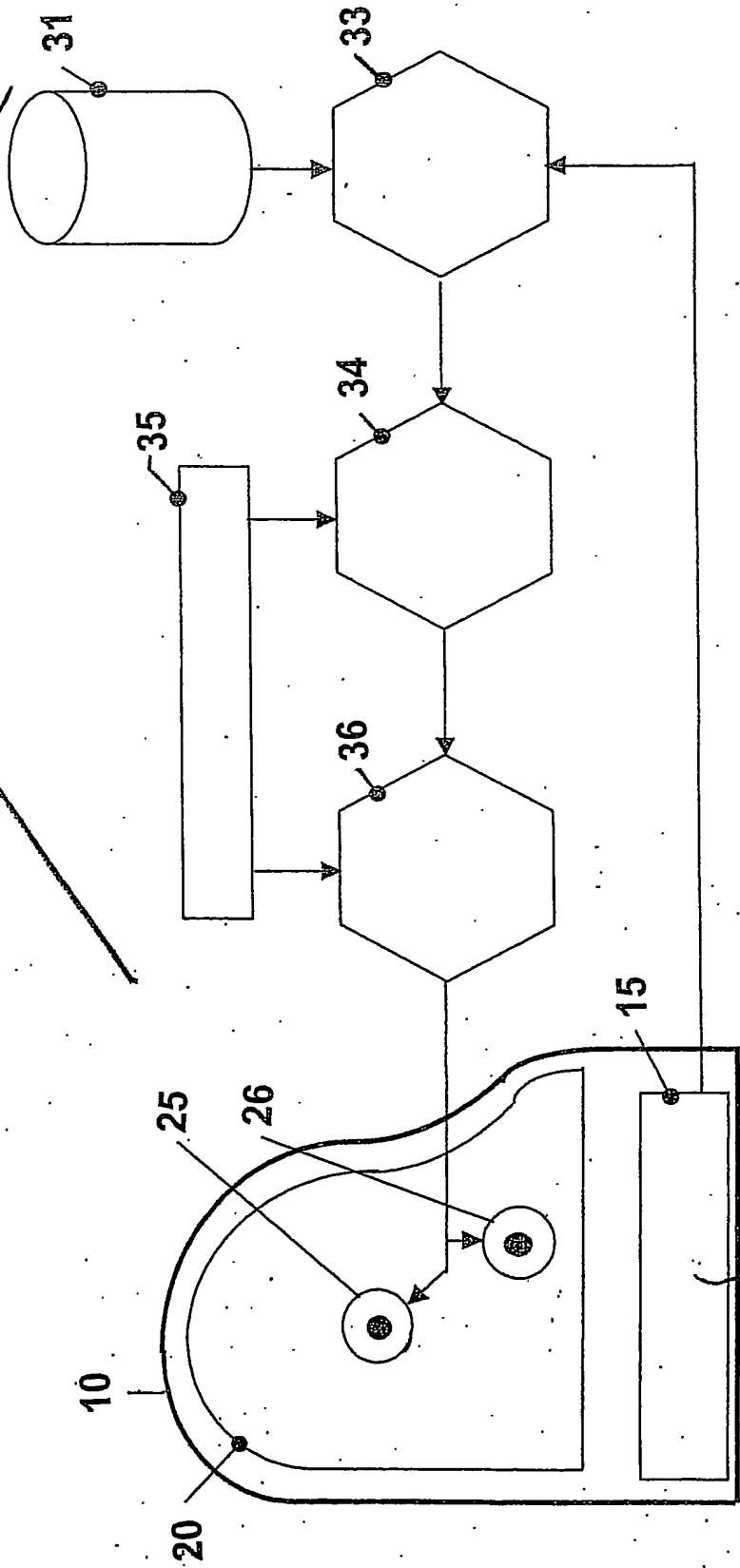


Figure 10



Figur 11

30



Figur 12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.